

富士ゼロックスのデジタルイメージング技術

Digital imaging technology at Fuji Xerox

要 旨

アナログからデジタルへ情報のハンドリングの形態が変化したことにより、富士ゼロックスのイメージング技術はカラー化、ネットワーク化を中心に大きく進化してきた。ここでは当社の持つデジタルイメージングのコアとなる要素技術についていくつか紹介し、これらの技術の進化がもたらすビジネスの広がり、将来展望について議論をした。当社のコア技術である Xerography はデジタル技術の更なる進化と相まって、これらのビジネスの広がり、お客様の新しい要求に応えるべく今後も継続的に進化し続けていく。

Abstract

Imaging technologies at Fuji Xerox have undergone an astonishing evolution particularly in the segment of color and network in response to the global digitization in the information management.

This report shows some of our element technologies positioned at the core of all of our technology for digital image and reveals some of our critical discussions of how this technology evolution has contributed to the current business in the sense of the broaden coverage as well as the prospects of the future technology.

The Xerography, a base for all of our technologies that have followed, continues to evolve with another progressive evolution of the digital technology to meet our customers' new requirements now and in the future.

執筆者

齊藤 潔 (Kiyoshi Saito)

常務執行役員 技術開発本部長
(Senior Vice President, Technology Development
Group)

1. 緒言

デジタル技術の進化により当社のメインビジネスである複合機の構成も大きな変化を遂げてきた。すなわちカラー化とネットワーク化である。富士ゼロックスの技術はアナログ技術を使ってハード(紙)の原稿をありのままにコピーすることから始まって、今日では原稿がハード、ソフトを問わず、しかもノイズ除去技術や色補正技術などのデジタル技術を使って高精細、高画質な出力をすることが可能としている。その結果、マーケットは一般オフィスだけではなく、SOHO 市場、コンビニエンスストアなどのコンシューマ市場や、印刷市場へと大きな広がりを見せている。ここでは当社が有するデジタルイメージング関連技術の紹介と今後の展望について報告する。

2. デジタルイメージングプロセス

デジタルイメージングプロセスは一般的にスキャナーユニット、画像処理ユニット、プリンターユニットで構成される(図1)。スキャナーユニットでは CCD (Charge Coupled Device) を用いて原稿を読み取り、多値データとして画像処理ユニットに信号が送られる。画像処理ユニットではシェーディング補正や色空間変換、

Text/Image 分離やフィルター処理、ガンマ変換や中間調処理などの画質向上のためのさまざまな処理が施されプリンターユニットに信号が送られる。プリンターにはインクジェット方式、サーマル方式、イオノグラフィー方式などがあるがここでは富士ゼロックスのコア技術である電子写真 (Xerography) 方式の最新技術について紹介していく。いくつかの特徴的な技術は本テクニカルレポートの特集論文の中でさらに詳しく解説している。なお、この論文では最新技術の紹介に焦点を当てるため、デジタルイメージング・電子写真のプロセスに詳しくない読者は基礎を紹介した良書があるのでそちらを参考にさせていただきたい[1, 2]。

3. 富士ゼロックスのデジタルイメージングコア技術

アナログからデジタル技術へと進歩したことで、最も大きく変化したのは画質である。富士ゼロックスではお客様が望んだ色を用紙上で正確に再現するための CMS (Color Management System) 設計、普通紙における高精細な文字品質を実現した 2400dpi VCSEL-ROS、印刷・写真同等の階調再現や印刷写真同等の粒状性の低さを狙った小粒径 EA トナー、印刷プロセスインキ同等の色再現を目指したトナー色材など、

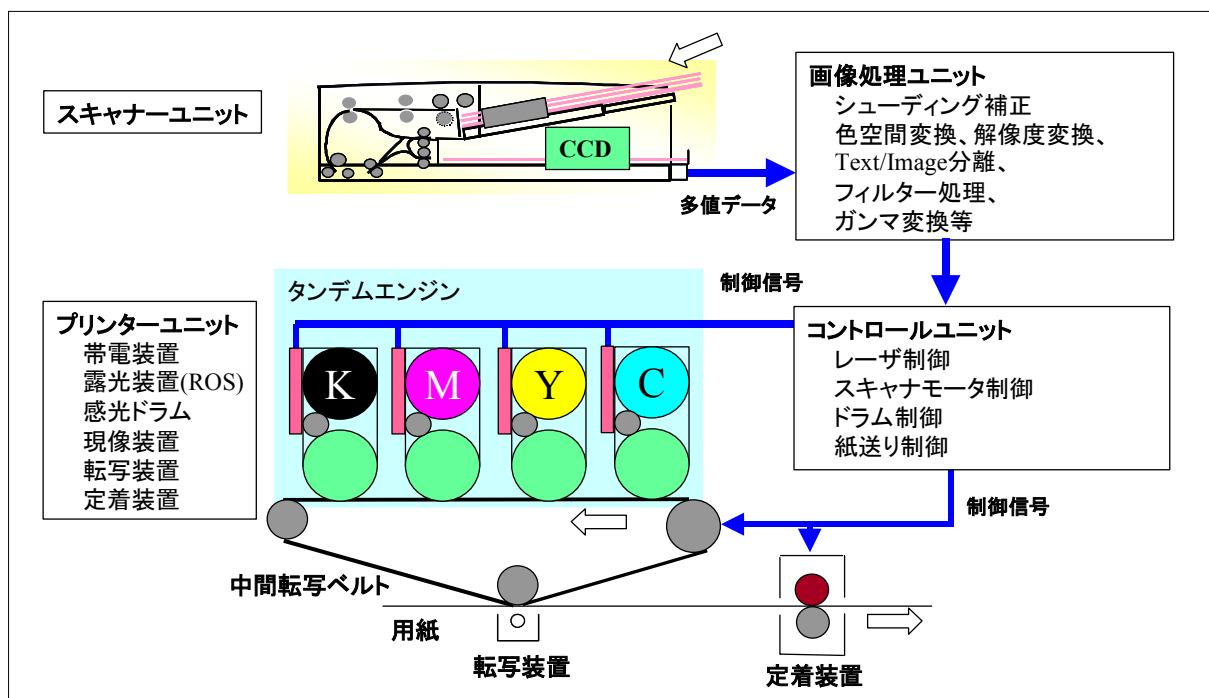


図1. デジタルカラーイメージングプロセス
Process of digital color imaging

様々な技術を開発し高画質化を牽引してきた。以下、当社が持つコア技術の幾つかについて簡単に紹介しよう。

3.1 高速・高画質カラスキャナー

最初に画像取り込み部分であるスキャナーユニット部分の技術について紹介する。当社は1980年代からスキャニング技術においてDigital化・高精細化（複合機の600dpi化は富士ゼロックスが初めて実用化した）、Digital-Color化とさまざまなデジタル技術を進化させてきたが、その中でも最大の技術革新といえるのは、オフィスや家庭用FAX等でも採用している原稿を流しながら読み込む方式（以下CVT：Constant Velocity Transport）をカラスキャナーでも採用したことであろう。CVTの利点は、高速化が容易である事、原稿搬送装置の機構を簡素化でき低コストで製造できることである。そのため、今では各社が採用しているが、当社はこの方式のカラーへの導入にいち早く取り組み、この方式の欠点である、原稿から発生する塵/汚れや、原稿速度変動に対応するため、4つのライン（RGB+G）を持つCCDセンサー（図2）を新規開発した。

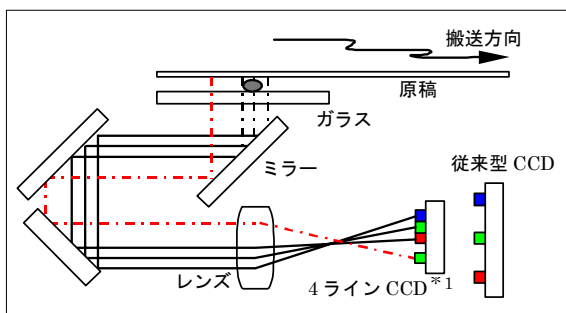


図2. CVT方式を採用したスキャナーの光学系模式図
Schematic drawing of the optical system of a scanner with CVT system.

このCCD配列には他社に無い特徴がある。一つ目は、カラー読み取り専用CCD間のギャップが“0”であること、即ち隣どうしであることである。これは、原稿搬送時に振動等により用紙にズレが生じても各色のCCDが同じ原稿の同じ位置をより正確に読み取ることができる為、色ずれの無い（図3）高精度の画像を読み込む事が可能な技術である。二つ目は、電荷転送ライン数を、カラー用CCDの2倍に分割並列処理することができるモノクロ専用の第4のCCD（Green）を配置する事で、同一動作周波数でもカラーの倍の読み込み速度を可能にした事で

ある。三つ目として、この第4のCCDをカラー読み取り用CCDに対して、一定距離離して配置したことにより、Color-CCD画像データを常に比較し、光路上の異物による画像異常（例えば黒線/白線）を検知し、異常の無い周辺画像から補間（置換）することで、正常な画像認識をカラーでも実現させた点である。これらにより、業界最速の白黒スキャンで毎分100枚（A4）、カラーで50枚以上の高速性と画像の信頼性（色の再現、塵の除去）を実現している。

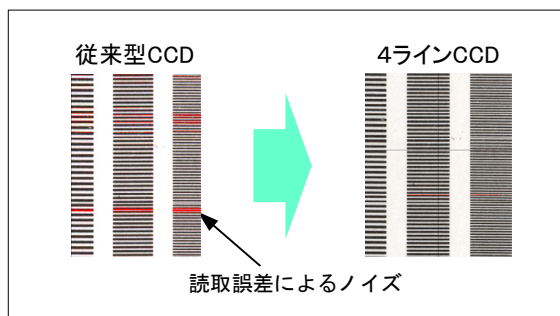


図3. CCD RGB ギャップ“0”による読取効果
Effect of CCD without the gaps between RGB sensors

3.2 高画質画像処理技術

スキャナーユニットでデジタル信号として読み込まれた画像は画像処理ユニットで、プリントアウトに適した画像信号に変換される。高性能のパソコンやデジタルカメラ、画像ソフトウェアが普及し、高精細な画像、図表、文字を含むドキュメントが数多く作成されるようになった現在では高画質な出力を支える画像処理技術は重要である。高画質を追求するために、極薄い濃度領域（ハイライト部分）やグラデーション、ハーフトーンを描画する領域では、安定したハイライト再現やより滑らかな階調表現が求められ、スクリーン処理の出来栄が画質に大きく影響する。スクリーンは多値画像データを面積階調データに変換する技術であり、階調再現のみならず色安定性などに大きく影響を及ぼす。

従来技術では600dpiでのレーザー露光であり、面積階調データへ変換する際にアナログ的にレーザー露光時間を制御する方式のスクリーン技術を用いていた。カラーではCMYK（シアン、マゼンタ、イエロー、黒）の4色に対して書き込みを行ない、それぞれの色に対するスクリーンに異なった角度を持たせるため、デジタルスクリーンとアナログスクリーンを組み合わせ

せた混合スクリーン技術を使用していた。

しかし、アナログスクリーンを用いたものでは、商業印刷の様なきれいなスクリーン形状を作製することが難しく、ハイライト再現や粒状感の向上に限界があった。富士ゼロックスでは、後述する VCSEL-ROS 技術の開発の成功により、2400dpi の書き込み制御が可能となり、その 2400dpi 画素を有効に活用するための高精細デジタルスクリーン技術を新たに開発した。図 4 を見ればその解像度の違いは明らかであろう。このスクリーン技術では 2400dpi の解像度をいかに活用したことにより、ハイライト再現や粒状感の大幅な向上を図ることができている。さらに、この安定したハイライト再現は、連続プリントにおける色再現の安定性にも効果を及ぼしている。

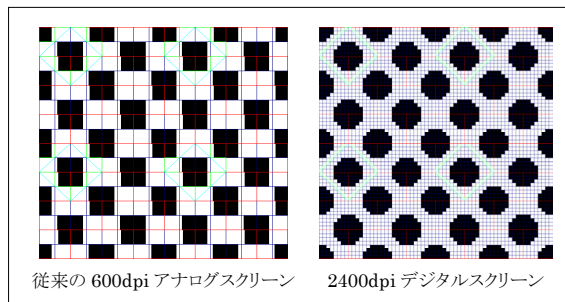


図 4. スクリーン構造の比較模式図
Comparison between HQ digital screen and conventional screen

また、文字や曲線などのエッジを滑らかにする画像処理技術としてイメージエンハンス技術がある。これもスクリーンと同様に、従来の 600dpi アナログ処理から 2400dpi 高精細デジタル処理にすることによって、エッジをより滑らかに再現でき、文字や曲線の画質を大幅に向上することが可能となっている（図 5）。

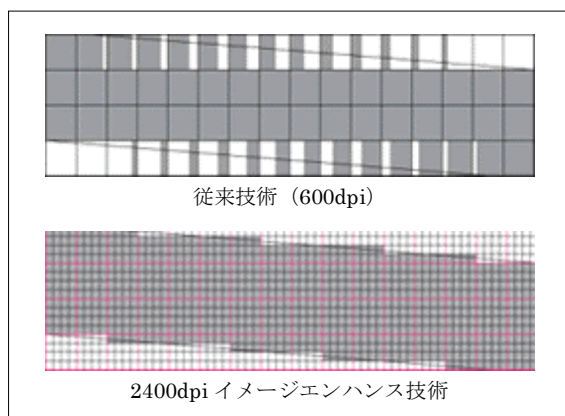


図 5. イメージエンハンス技術の効果
Effect of image enhancement technology

3.3 カラーマネジメント技術

カラー画質にはカラーマネジメントも欠かせない技術の一つである。カラーマネジメントは広義でとればトナーのような画像形成用の材料なども含まれるが、ここでは画像処理ユニット内で処理される画像処理、つまりデジタルイメージング技術としてのカラーマネジメントについて解説する。

スキャナーから読み込まれたデータやパソコンのアプリケーションソフトで作成されたデジタルデータ、Web で取り込まれたデジタルデータを、カラートナーで現像するまでの画像処理のひとつとしてカラーマネジメント（色処理）技術がある。この色処理はすべてデジタルデータでの処理であり、この技術の如何によって写真再現やグラフィカル画像再現の良し悪しが決まる。

富士ゼロックスでは、オフィスで多く使われるディスプレイ等での表示に適した RGB データの色処理技術や Graphic Art 市場で多く使われる印刷で出力に適した CMYK データの色処理技術の向上に力を入れてきた。RGB データは、最終的に色再現空間が異なる CMYK トナーで色を再現する必要があるため、RGB 空間、CMYK 空間の間での色変換目標と色変換技術（Gamut Mapping）が重要になる。ディスプレイで表現される色と違和感なくプリントで再現させるのに最適な色変換目標を設定するための研究と、独自に開発した Gamut Mapping 技術によって色再現の向上を実現するとともに、プリンターや複合機の出力物の色再現統一を図っている。また、カンパ・プルーフやオンデマンドプリント用途で使われる CMYK 色変換技術も進化させ、K 保存 4-4DLUT^{注1} 変換技術を開発した。この技術はプリントアウト用に色変換を行なう際に、K（黒）の比率を保存することによって、プロセスブラックの生成による色づきを防ぎ、印刷用途での色再現性を向上させるものである。

3.4 VCSEL ROS 技術

画像処理ユニットで変換されたデジタルデータはプリンターユニットに送られて用紙上へ出力するための処理が行なわれる。プリンターユニット内ではまず、デジタル化された画像デー

^{注1} Direct Look Up Table

タを感光体上にレーザービームで書き込むことになるが、その最新技術である VCSEL-ROS について述べる。

VCSEL-ROS は富士ゼロックスが独自に開発した面発光型半導体レーザー (VCSEL: Vertical Cavity Surface Emitting Laser) [3] を画像書き込み装置である ROS (Raster Output Scanner) の光源に適用することにより、高速・高解像 ROS を実現したものである。この ROS では従来 1 スキャンあたりのレーザーの本数が 2 本であったものを 1 スキャンで 32 本露光できるマルチビーム化を達成しており、カラーレーザー初の 2400dpi を実現した (図 5)。この VCSEL-ROS 技術は既に当社的高速カラー複合機、高速白黒複合機に広く展開されている。VCSEL-ROS については本テクニカルレポートの論文でその詳細を紹介しているので、そちらも参照されたい [4]。

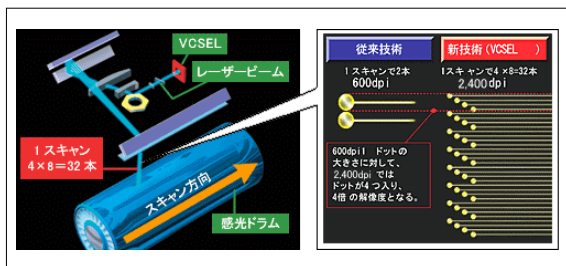


図 5. VCSEL による 32 本のマルチビームによる 2,400dpi
2400dpi resolution achieved by 32 multi-beams of VCSEL

3.5 EA-HG トナー

VCSEL ROS 等の書き込み装置で感光体上に形成された潜像を実際に用紙上に形成する材料であるトナーについても継続的な進歩を達成している。当社は 2000 年に EA 法 (Emulsion Aggregate method) に基づくトナーを市場導入している。EA トナーは従来の粉砕法トナーと比較して一定の形状に制御しやすいことが特徴であり (図 6)、高画質、特に粒状性やトナーによる段差を改善し、トナー消費量や機械の消費電力の大幅な削減にも貢献している [5]。さらに、最近では商業印刷に迫る高画質を実現するために、光沢感 (グロス)・色域などの向上を追求した EA-HG (High Grade) トナーも開発している。このトナーのポイントは、トナーの粘弾性最適化制御によりグロスが向上したことで、紙と画像のグロスがほぼ同じになり、お客様にカラーコピー独特のてかりによる違和感のない出力を実現したことである。また色材の一部変更、

および顔料の最適化により特に赤、緑の再現性を向上させている。さらにワックス分散径の最適化とトナー粘弾性の最適化により OHP 透過性を大幅に改善している。EA-HG トナーについても本テクニカルレポートの特集として論文が掲載されているのでそちらも参照いただきたい [6]。

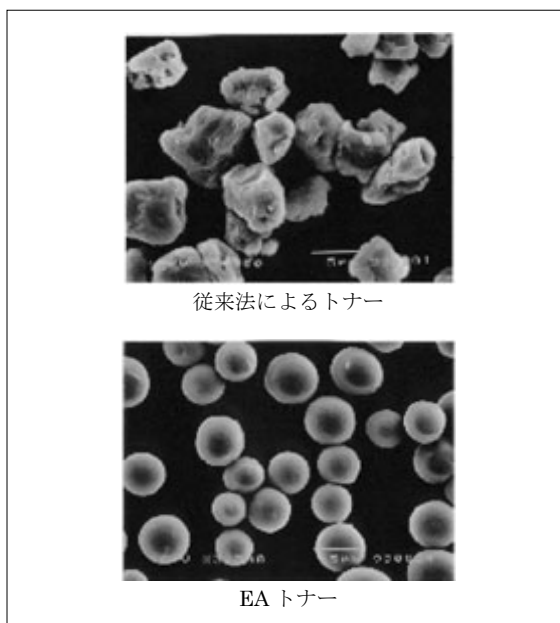


図 6. 従来の製造方法により作成されたトナーと EA トナーの電子顕微鏡写真
Scanning electron microphotographs of conventional toner and EA toner

3.6 レジストレーション制御技術

カラータンデム技術では CMYK 用の 4 つの異なる感光体による現像プロセスを 4 回重ね合わせる為にベルトの進行方向および水平方向に画像のずれが発生し易い。当社は MOB (Mark

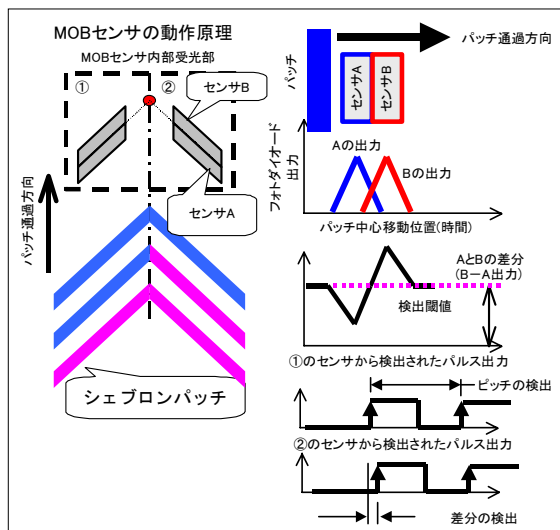


図 7. MOB センサー
MOB sensor

on Belt) センサー技術を開発し(図 6)、この問題を解決している。原理は図にあるようにシェブロンマークを転写ベルト上に作成、このパターンを検出することにより進行方向(プロセス方向)、水平方向のずれを検知し、転写ベルトのドライブヘフィードバックしている。この技術により 4 色のカラーレジストレーションは数十ミクロンの精度を保証している。

4. 将来展望

高速、高画質を迫及し、実現してきたデジタルイメージング技術の一端に触れてきたが、これらの技術の進化が今後どのような市場を切り拓いていく可能性があるのか、その点について議論したい。

一つの有望な市場は写真プリントの市場である。現在当社はセブンイレブンにフォトプリントが可能なマルチコピー機を提供している。このシステムの出力スピードは 1 分間にサービスサイズで 11 枚と高速であり、学生や主婦を中心としたお客様に活用頂いている。技術的に粒状性やコントラスト、表面光沢などを向上させたこと[7]によって、コンビニに設置したマルチコピー機を用いて通常のデジタルカメラ出力としては十分な品質が得られるまでに進歩した。今後は更なる粒状性・ディフェクト改善、信頼性の向上によって新しい写真プリント市場を拓いていけるものと考えている。

イメージング技術の進展が開拓するもうひとつの有望市場としては印刷市場が考えられる。当社は Color DocuTech 60V / DocuColor 8000 Digital Press というタンデム方式、中間転写体一括転写方式の高速プリンティングシステムを提供し、既にオンデマンド市場で活用頂いている。今後は軽印刷市場での本格的な活用が見込まれる。その為には、カラーマネジメント、印刷ワークフローの最適化、高信頼と色安定性の向上、ランニングコストの低減等が課題となっているが、今回紹介した技術群や現在開発中の技術によって軽印刷市場への進出を加速している。

最後になるが、当社のメイン市場である一般オフィスの市場においても、技術の進展により様々な付加価値の創出を実現している。その一つは複合機の環境性能の向上である。当社では省エネ・省資源に積極的に取り組み、先述した EA トナーやフリーベルトニップフューザーと

いう省エネ性能に優れた定着器[8]等を開発し、複合機における消費電力を格段に減少させてきている。これらの一連の技術開発は 1999 年から 7 年連続で『省エネ大賞』を受賞するなど高い評価を受けている。

また、最近では、複合機がインターネットにつながり、大容量サーバーの利用によって個人情報や機密情報など経営の基幹プロセスにまでアクセスするサービスも盛んになってきている。当社ではデジタル複合機 ApeosPort を通じてそのようなサービスを提供し始めている[9]。このような複合機を利用したサービスでは、最近のセキュリティ意識の高まりにより、IC カード認証やイメージログ、認証システムなどを利用した堅牢なセキュリティシステムを構築することがますます重要となってきている。さらに、紙に印刷された情報と電子情報の融合が促進され、情報が電子と紙媒体の間を自由に行き来するようになってきている。そのため、お客様からは電子媒体やネットワーク上のセキュリティばかりではなく、紙に印刷された情報も含めたトータルなセキュリティが求められるようになってきている。当社はデジタルイメージング処理から、紙媒体上への出力を強みとしており、この部分で大きな貢献が可能となろう。すでに、デジタルウォーターマークや透かし技術、MIG や紙指紋など、デジタルイメージング技術をコアとした、様々な新技術を開発し[10]、一部商品展開をしている。今後、このような技術は、ドキュメントの作成・編集・出力・配布・保管といったお客様の一連のワークフロー中でさまざまなシーンで益々活用され、セキュリティ向上に貢献できると考えている。

5. 結び

アナログからデジタルへと情報のハンドリング方法が大きく変化したことにより、イメージング技術も大きく変貌を遂げた。高速・高画質カラーイメージング技術は当社が培ってきたコア技術であるが、将来展望で述べた通りこれからも新しい市場開拓が期待されている。1938 年に Xerography 技術が発明されて以来、70 年弱が経過するがこの技術の進化は留まるところを知らない。当社は Xerography 技術の進歩を牽引すると共に、これからもお客様の変化に対応して新しい可能性にチャレンジし続ける。

6. 参考文献

- [1] 岩本明人、小寺宏嘩編 シリーズ先端ディスプレイ技術 8：デジタルハードコピー技術 共立出版 (2000)
- [2] 小松尚久、川村尚登監修、カラー画像処理とデバイス 電気大出版局 (2004)
- [3] 乙間ら、面発光レーザーアレイの開発、富士ゼロックステクニカルレポート No.14, p.4, (2002)
- [4] 植木ら、面発光型半導体レーザーアレイ素子を使った露光装置、富士ゼロックステクニカルレポート No.16, p.11, (2006).
- [5] 松村ら、高画質オイルレスカラーを実現する EA トナー (乳化重合凝集法トナー) の開発 富士ゼロックステクニカルレポート No.14, p.96, (2002)
- [6] 鈴木ら、高画質 EA-HG トナーの開発、富士ゼロックステクニカルレポート No.16, p.20, (2006)
- [7] 野上ら、電子写真による写真プリントへのアプローチ、富士ゼロックステクニカルレポート No.16, p.44, (2006)
- [8] 上原ら、Free belt nip fuser 技術、富士ゼロックステクニカルレポート No.14, p.82, (2002).
- [9] 安方ら、Apeos iiX、富士ゼロックステクニカルレポート No.16, p.74, (2006).
- [10] 伊藤ら、紙ドキュメントのセキュリティ 富士ゼロックステクニカルレポート No.15, p.32, (2005)

筆者紹介

齊藤 潔

常務執行役員 技術開発本部長

IS&T 会員 日本画像学会会員 品質工学会会員

専門分野：応用物理学